

ANÁLISES DE TRANSFORMAÇÕES MORFODINÂMICAS EM SÍTIO URBANO: O CASO DA VILA AUGUSTA/ REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/ RS

Moisés Ortemar Rehbein¹

Nina Simone Vilaverde Moura Fujimoto²

Resumo: A Vila Augusta, localizada na periferia da Região Metropolitana de Porto Alegre/RS, freqüentemente é afetada por inundações. Para embasar o fenômeno das inundações e criar elementos de reflexão sobre a eficiência das medidas preventivas adotadas na Vila Augusta, foram desenvolvidas atividades de interface gabinete-campo, de levantamentos bibliográficos, produção de documentos cartográficos, vistorias e entrevistas sobre área de estudos que, especialmente embasadas em ROSS (1992) e FUJIMOTO (2001), objetivaram análises de transformações morfodinâmicas, associadas às intervenções antrópicas, nos padrões de formas semelhantes do relevo da bacia hidrográfica em que se insere a Vila. As intervenções sócio-ambientais, na Vila e em sua bacia hidrográfica de inserção, alteram dinâmicas naturais e inserem outros ritmos ao ambiente, sobretudo, com relação aos processos de erosão e deposição, intensificando-os. As tentativas de resolução das inundações na Vila estão centradas em intervenções infra-estruturais junto aos canais fluviais que a drenam. Todavia, tratam-se as inundações de fenômenos que reflexos das transformações morfodinâmicas no contexto das vertentes da bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Morfogêneses; Transformações morfodinâmicas; Inundações; Estudo de caso.

Considerações Introdutórias

Em áreas do urbano, em virtude da comumente elevada densidade ocupacional, a topografia surge como um importante elemento a orientar o processo de ocupação. Nas atividades de planejamento sobre as cidades são pertinentes as preocupações com as características do sítio urbano.

Esse reconhecimento, da importância do estudo do relevo, não é fortuito, pois os relevos constituem pisos sobre os quais se fixam as populações humanas e são desenvolvidas suas atividades, das quais derivam valores econômicos e sociais. Em função de suas características e dos processos que sobre eles atuam, os tipos de relevo podem oferecer, para as sociedades, níveis de benefícios ou riscos dos mais variados. Suas maiores ou menores estabilidades decorrem de suas tendências evolutivas e das interferências que podem sofrer dos demais componentes ambientais, sobretudo, da própria ação do homem (MARQUES, 1995).

A Geomorfologia analisa as formas de relevo focalizando suas características morfológicas, materiais componentes, processos

atuantes e fatores controlantes, bem como a dinâmica evolutiva. Compreende os estudos voltados para os aspectos morfológicos da topografia e da dinâmica responsável pelo funcionamento e pela esculturação das paisagens topográficas (CHRISTOFOLETTI, 1995).

O conhecimento geomorfológico tem buscado respostas para questões que possam explicar como processos se articulam entre-si; como evoluem os conjuntos de relevo; qual o significado do relevo no contexto ambiental; como interferir ou controlar o funcionamento dos processos geomorfológicos; como conviver com os processos catastróficos; como projetar (no espaço e no tempo) o comportamento dos processos e as formas de relevo resultantes (MARQUES, 1995).

Embora numa grandeza espacial-regional a paisagem topográfica pareça imutável, entretanto, numa escala local e ou pontual, pode apresentar modificações sensíveis no transcurso de décadas e ou mesmo de anos. Processos, tais como deslizamentos, voçorocamentos, carreamento de detritos das vertentes ou assoreamentos, são geralmente interpretados como indicadores

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da USP/SP. Bolsista do CNPq. Endereço eletrônico: moisesgeousp@gmail.com

² Professora Doutora do Departamento de Geografia da UFRGS/RS. Endereço eletrônico: nina.fujimoto@ufrgs.br

de modificações ou, até mesmo, como desequilíbrios na paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1995). Reconhecemos tais processos como morfodinâmicas.

Este trabalho objetiva, justamente, análises de transformações morfodinâmicas em sítio urbano, resultantes de intervenções

antrópicas sobre padrões de formas semelhantes do relevo (ROSS, 1992) na sua bacia hidrográfica de inserção. O sítio urbano analisado compreende área da Vila Augusta, a qual está inserida na bacia hidrográfica do arroio Dorneles (Fig. 1).

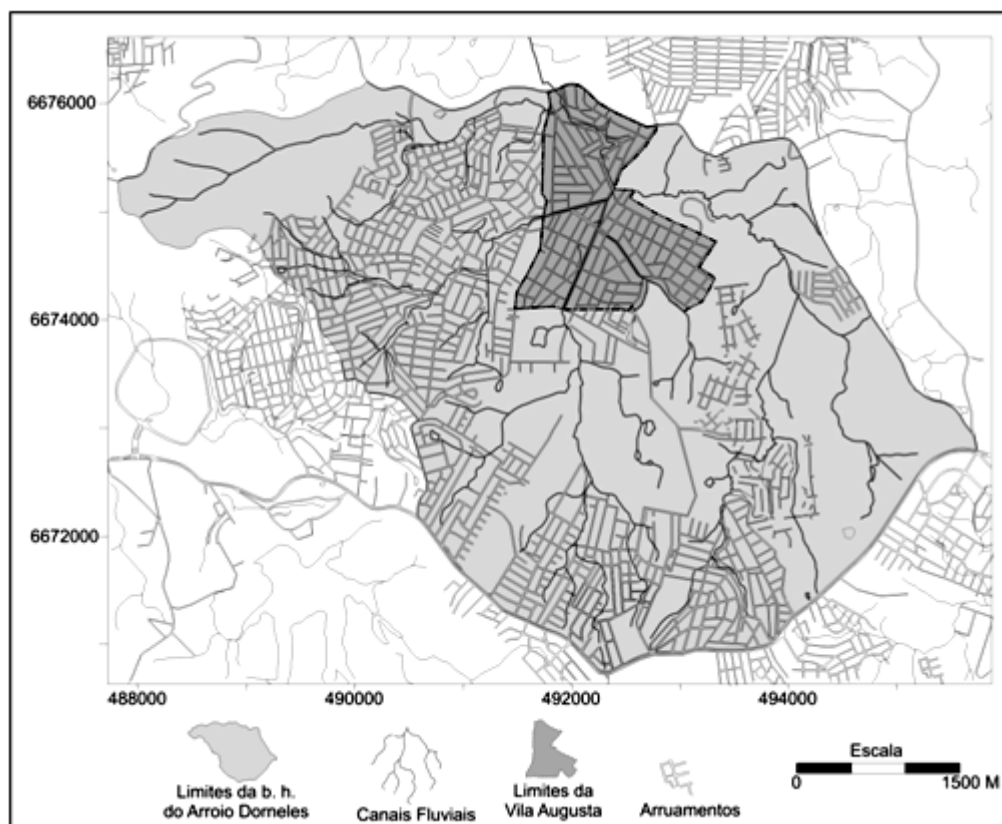


Figura 1 Localização da Vila Augusta na bacia hidrográfica do arroio Dorneles (adaptado de REHBEIN, 2005)

A Vila Augusta se localiza num dos mais importantes centros urbanos do território brasileiro, a Região Metropolitana de Porto Alegre – RMPA, mais especificamente no município de Viamão.

Na bacia hidrográfica do arroio Dorneles a Vila contempla confluências de cinco canais fluviais que drenam, montante a Vila, expressiva área urbana do município de Viamão.

A urbanização na Vila e em sua bacia hidrográfica de inserção é característica das periferias metropolitanas brasileiras, ou seja, extensas áreas predominantemente residenciais que abrigam uma população de baixa renda, organizada, em muitos casos, de forma espontânea, sem a preocupação com o espaço público hierarquizado, sem reservas de áreas para equipamentos e serviços urbanos, sem considerar as relações de cada novo loteamento com o conjunto da cidade que está sendo gerada e alterada e sem

considerar as restrições ambientais.

No processo de ocupação urbana as áreas de várzeas, margens dos cursos d'água, encostas íngremes, topos de morro e áreas de mata nativa, são subdivididas e habitadas por grupos excluídos dos segmentos formais do mercado habitacional.

A Secretaria do Meio Ambiente, da Prefeitura Municipal de Viamão, registra uma série de atendimentos decorrentes de situação de risco geológico. Segundo profissionais ligados a esta Secretaria e a Secretaria do Planejamento do referido município, assim como pareceres de moradores, são também comuns inundações no perímetro urbano da cidade, quando índices pluviométricos considerados médios são suficientes para o "ilhamento" de determinadas vilas, entre elas e de forma proeminente, a Vila Augusta.

Essa condição, que se expõe a Vila, exige das autoridades competentes políticas de planejamento que, além da intervenção iminente, possibilitem orientar o crescimento urbano e a preservação da “sustentabilidade” do ambiente.

A base de sustentação das políticas de planejamento fundamenta-se na definição das características da área de estudos e deve ser entendida como um processo contínuo de reflexões das ações humanas, calcado no conhecimento das alterações verificadas. As características da área e os seus processos operantes podem ser apreendidos em estudos de diagnósticos, centrados na busca pela compreensão de gêneses e dinâmicas do ambiente (FORESTI, 1986). As ciências vêm desenvolvendo uma ação no sentido de aprofundar a diagnose dos fenômenos, para chegar a uma melhor base prognostica ou de controle dos mesmos (ARGENTO, 1995).

Pensando-se em uma atividade destinada a fomentar tais políticas de planejamento, parte-se da hipótese de que a busca pela compreensão de gêneses e dinâmicas da problemática do ambiente em questão, sobretudo as inundações na Vila Augusta, podem ser apreendidas sob a perspectiva dos estudos geomorfológicos, centrados em análises das transformações morfodinâmicas.

Métodos e Técnicas

CHRISTOFOLETTI (1995) destaca duas perspectivas que se complementam quando se trata de verificar a aplicabilidade do conhecimento geomorfológico ao planejamento urbano. A primeira embasada em estudos específicos das características morfológicas e dos processos morfogenéticos, os quais, acredita, enquadram-se na perspectiva de analisar os componentes do sistema ambiental físico. Essa fase deve se caracterizar por levantamentos analíticos setoriais e integrados que fundamentem um diagnóstico.

A segunda perspectiva consiste em analisar a vulnerabilidade das áreas urbanizadas, frente ao que CHRISTOFOLETTI (1995) intitula de “azares naturais” (enchentes, secas, deslizamentos, etc.). Os azares, relacionados com os fenômenos geomorfológicos, ganham compreensão sobre sua magnitude e frequência quando integrados aos *inputs* energéticos fornecidos por outras categorias de fenômenos e estão intimamente relacionados com as condições sócio-econômicas das populações (CHRISTOFOLETTI, 1995).

Todavia, as áreas urbanizadas não são apenas receptoras ou vítimas dos “azares naturais”. Há também de se avaliar os impactos no ambiente físico ocasionados pela urbanização, considerando as transformações provocadas nos ecossistemas e geossistemas, diretamente, pela construção de áreas urbanizadas, e indiretamente, pela sua ação de influências e relações (CHRISTOFOLETTI, 1995).

Considerando-se a abordagem enunciada, afim de se analisar transformações morfodinâmicas na área de estudo, apresentam-se atividades metodológicas desta pesquisa, embasadas, especialmente em FUJIMOTO (2001), e desenvolvidas na interface gabinete-campo:

As atividades de gabinete compreenderam levantamentos bibliográficos sobre estudos realizados na área da Vila Augusta e sua bacia hidrográfica de inserção, destacando-se estudos geológicos, pedológicos, pluviométricos, hidrológicos e da evolução (quantitativa) nos usos e coberturas do solo, assim como, levantamento de documentação cartográfica básica, destacando-se a aquisição de fotografias aéreas (1:8.000) e de cartas topográficas (1:10.000) e a produção de novos documentos cartográficos, entre os quais, o mapeamento geomorfológico e os mapas de usos e coberturas do solo (1973/99), através da criação e operacionalização de um Sistema de Informações Geográficas.

Para o mapeamento geomorfológico, utilizou-se da proposta taxonômica de ROSS (1992), analisando-se da Unidade Morfoestrutural às Formas de Processos Atuais verificadas na área da Vila Augusta. O mapeamento geomorfológico, na área da Vila, contempla graficamente o 4º Táxon (representado pelas formas individualizadas do relevo - agradacionais e denudacionais) e o 5º Táxon (representado pelas vertentes ou setores de vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo).

As atividades no campo, na bacia hidrográfica do arroio Dorneles e, especialmente desenvolvidas, na área da Vila Augusta, constituíram-se de: conferir e corrigir informações para elaboração do mapeamento geomorfológico e dos usos e coberturas do solo; fotografar as principais feições do relevo; analisar visualmente e tatilmente o material de cobertura superficial; analisar condições infra-estruturais e localizacionais de obras (edificações, arruamentos...); realizar entrevistas com moradores, trabalhadores locais e funcionários da Prefeitura Municipal de Viamão sobre percepções de transformações ambientais na área de estudos; identificar e analisar gêneses e impactos das Formas de Processos Atuais (ROSS, 1992), como formas antrópicas (cortes, aterros) e feições erosivas e deposicionais, nos padrões de formas semelhantes do relevo e unidades de vertentes de morfogêneses distintas.

Utilizando-se das atividades de gabinete e campo, combinando-se informações derivadas, reúnem-se elementos para análises sobre transformações morfodinâmicas na área da Vila Augusta.

Resultados e Discussão

Considerações Morfogenéticas

Do ponto de vista físico, a Vila Augusta esta inserida na

bacia hidrográfica do arroio Dorneles. Na geomorfologia da bacia hidrográfica do arroio Dorneles se evidenciam unidades geomorfológicas de relevos íngremes a formas planas. Essas unidades geomorfológicas sustentam relevos de dissecamento e acumulação, representados, na área da Vila Augusta, por colinas rebaixadas e planícies de aluviões decorrentes de alternâncias climáticas pretéritas (Fig. 2).

As colinas são formadas por rochas graníticas geradas durante estágios de evolução do cinturão orogênico Dom Feliciano, que reflete a atividade do Ciclo Brasileiro no sul do Brasil (FRAGOSO-CESAR *et al.*, 1982). O Granodiorito Lomba do Sabão e o Granito Saint Hilaire são as unidades geológicas geradas durante a formação do cinturão que sustentam as formas de relevo da área de estudo (MENEGAT *et al.*, 1998).

As condições texturais porfiríticas, assim como, a presença de estruturas fortemente foliadas, zonas de cisalhamento dúcteis caracterizadas por faixas miloníticas, zonas de cisalhamento rúpteis e freqüentes enclaves nestes granitóides (OLIVEIRA, 2001), caracterizam-nos como rochas de grandes facilidades a percolação d'água e, considerando a mineralogia preponderantemente friável, susceptíveis a processos intempéricos e de entalhamento fluvial.

O entalhamento fluvial pode estar associado aos processos morfogenéticos que propiciaram a erosão, o transporte e a deposição cenozóica. As redes de drenagens, condicionadas às linhas de fraqueza das massas graníticas, entalharam o relevo e formando vales fluviais deixaram remanescentes de uma antiga superfície, representada por topos planos/convexos do relevo em forma de colinas.

No relevo de colinas com topos plano/convexos, sustentado pelo Granito Saint Hilaire, verificam-se afloramentos rochosos e campos de matacões. Esta pode ser uma evidência de uma menor densidade de linhas de fraqueza ao ataque químico da água no Granito Saint Hilaire em relação ao Granodiorito Lomba do Sabão.

Conforme ROSS (1998), *apud* FUJIMOTO (2001), a variação na densidade de fraturas de um complexo rochoso, associada à ação d'água, define a concentração de matacões expostos na superfície. Os matacões se tratam de resíduos de atividades morfogenéticas de ambientes climáticos úmidos, onde prevalecem processos esculturais de natureza química promovidos pelas águas.

Esses mesmos processos esculturais químicos, associados ao intemperismo físico e ação erosiva e deposicional das águas sobre a superfície da área de estudo, dão suporte ao entalhamento fluvial e gênese ao padrão de relevo em formas de planícies. Esse padrão de relevo se estende ao longo dos arroios que drenam a Vila e se estrutura numa extensa área plana. Nesses canais

fluviais, intervenções antrópicas vem sendo implementadas, como: retificação, uso de muro gabião parcial e dragagens periódicas.

A carga sedimentar nestes canais fluviais é predominantemente de granulação fina (silte e argila) estando intercalada por depósitos mais grosseiros, típicos de eventos pluviométricos mais intensos.

As intervenções antrópicas (sócio-ambientais), a partir do aumento da ocupação urbana nas décadas de 1970/80 na bacia hidrográfica do arroio Dorneles, proporcionaram uma transformação nos processos de erosão e deposição, cuja intensidade é significativamente superior a dos processos naturais.

A erosão e conseqüente deposição acelerada promovem um intenso processo de assoreamento no leito dos canais fluviais de depósitos tipicamente tecnogênicos, sendo constituído de um material terroso juntamente com detritos urbanos.

Transformações Morfodinâmicas do Padrão de Relevo em Formas de Colinas

No padrão de relevo em formas de colinas se sobressaem processos de denudação, resultantes da interação entre condicionantes climáticos, características geológico-geomorfológicas, pedológicas, hidrológicas e dos tipos de coberturas e usos do solo.

Do ponto de vista pedológico, sobre as colinas, convém destacar que predominam solos de alta suscetibilidade às erosões laminares, dadas características físicas litológicas e pedológicas, sobretudo texturais e estruturais, associadas às formas geométricas e declividades das vertentes do relevo - acima de 12%. (TRAININI *et al.*, 1994).

As vertentes do padrão de relevo em colinas apresentam superfícies de declividades médias na faixa dos 10% aos 20% e formas geométricas côncavas, retilíneas e convexas (Fig. 2).

Os topos das colinas, plano-convexos, sustentam os divisores d'água, os quais estão dispostos, predominantemente, nos sentidos SW – NE e NO – SE. Tais orientações interfluviais condicionam, na área da Vila Augusta, quatro importantes confluências fluviais no contexto da bacia hidrográfica do arroio Dorneles. Essas confluências fluviais formam área de concentração de fluxos hídricos, com grande potencial à inundação.

Os segmentos de vertentes que apresentam morfologia côncava também funcionam como concentradores dos fluxos hídricos, nestes casos em direção ao fundo dos vales, em função de suas tendências ao escoamento superficial concentrado. Os processos morfogenéticos parecem atuar com predominância, através dos fluxos hídricos. Nas vertentes côncavas, em segmentos de altas e médias vertentes, em setores de maiores declividades do terreno, os solos apresentam menores espessuras do que em

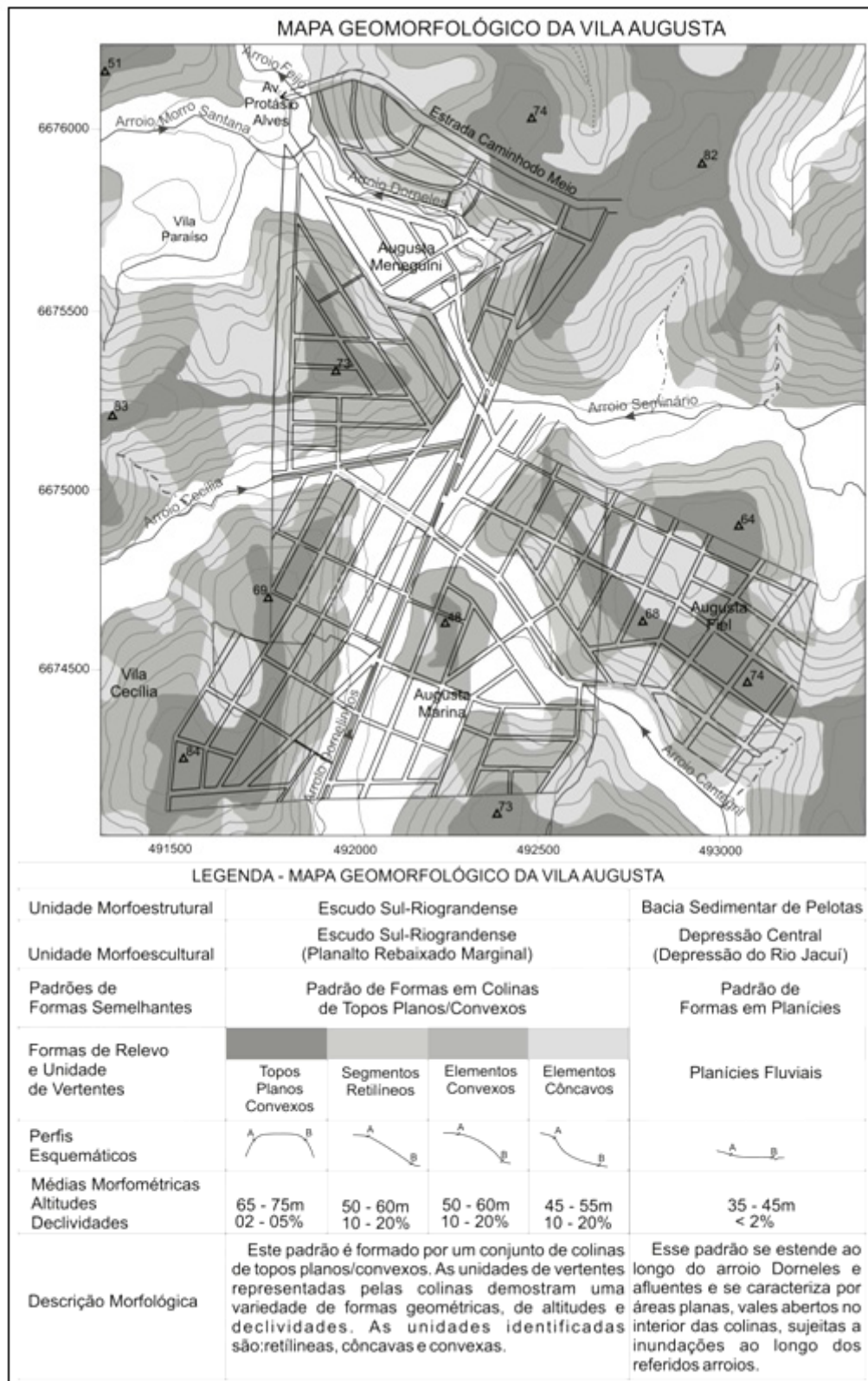


Figura 2 Mapa geomorfológico da Vila Augusta (adaptado de REHBEIN, 2005). Continua na próxima página.








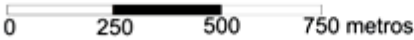

LEGENDA - MAPA GEOMORFOLÓGICO DA VILA AUGUSTA (CONTINUAÇÃO)		
Padrões de Formas Semelhantes	Padrão de Formas em Colinas de Topos Planos/Convexos	Padrão de Formas em Planícies
Descrição Pedológica	<p>Predomínio do Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico Tb de textura média/argilosa à cascalhenta, desenvolvendo-se a partir de substrato granítico e relevo suave ondulado. Em geral, os perfis de solos são medianamente profundos a profundos (espessura > 150cm) e bem drenados (JUNGBLUT, 1994). Classificado como de erodibilidade moderada a alta (TRAININI, 1994).</p> <p>Ocorrem inclusões de Planossolos e Gleissolos nas zonas mal drenadas e Neossolos em setores de maiores altitudes e declividades (JUNGBLUT, 1994).</p>	<p>Classes de solos predominantes: Planossolo eutrófico Ta de texturas arenosa/média e média/argilosa e Gleissolos Pouco Húmico Ta de texturas média e argilosa, desenvolvendo-se sobre relevo plano de depósitos flúvio-lagunares. Estes solos estão relacionados às zonas que apresentam má drenagem (Permeabilidade) favorecendo os processos de hidromorfismo (JUNGBLUT, 1994).</p>
Formas de Processos Atuais	<ul style="list-style-type: none"> - Superfícies planas criadas pela ocupação urbana limitadas por rupturas de declives, degraus de corte e rampas de aterros; - Sulcos erosivos no sistema viário, principalmente quando o arruamento acompanha a inclinação da vertente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Superfícies planas criadas pela ocupação urbana limitadas por pequenos degraus de cortes, rampas de aterros e valas para drenagem d'água; - Cicatrizes de solapamento; - Bancos de deposição tecnogênicos.
<p>Convenções cartográficas:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>  curvas de nível (equidistância de 5 metros)  ponto cotado </div> <div>  curso fluvial permanente  curso fluvial intermitente  seção fluvial dragada e retificada </div> <div>  Arruamento  Limites dos loteamentos </div> </div>		
<p>Escala Gráfica:</p> 		
<p>Base Cartográfica: Cartas Topográficas N° 29 (D/I), escala: 1/10.000 - METROPLAN (1973); Planta da Vila Augusta, escala: 1/2000 - Prefeitura Municipal de Viamão (2003); Fotografias Aéreas: Vãos RMPA (1973 e 1991), escala 1/8000 - METROPLAN.</p>		
<p>Elaboração: Moisés Ortemar Rehbein.</p>		<p>Data: Abril de 2005.</p>

Figura 2 (Continuação)

relação às baixas vertentes. Os processos de escoamento superficial concentrado podem ser identificados através de sulcos e ravinas sobre solos dessas morfologias de vertentes.

Ao contrário das vertentes côncavas, as vertentes com elementos retilíneos e convexos se parecem apresentar como áreas dispersoras e condicionadoras à infiltração dos fluxos das águas de chuvas. Os processos de escoamento superficial difuso e de infiltração parecem ser predominantes. Essas vertentes apresentam-se, em geral, com um manto de alteração espesso. Na base de algumas vertentes convexas são observados depósitos coluvionares.

As modificações no relevo, a partir das intervenções antrópicas (sócio-ambientais), as quais se encontram na área de estudo em estágios significativamente adiantados, promovem a criação, indução, intensificação ou modificação do comportamento dos processos geomorfológicos. De acordo com a tipologia e o estágio de alteração no relevo, podem-se descrever atividades sócio-ambientais que geram novos padrões de comportamentos morfodinâmicos.

A eliminação da cobertura vegetal e o revolvimento do solo durante o processo de loteamento reduzem a estabilidade dos agregados do solo, expondo-o a ação direta dos agentes climáticos. Sucodem-se, sobre o mesmo, processos mais intensos de salpicamento, selamento e escoamento superficial.

Um estudo sobre salpico de partículas e selamento superficial em solos do Rio Grande do Sul, realizado por REICHERT e CABEDA (1992), evidenciou que os solos podzólicos vermelho-amarelo distróficos ou argissolos, solos franco-arenosos predominantes no padrão de formas em colinas, apresentaram, quando expostos e submetidos a chuvas simuladas de alta intensidade (84 a 88mm/h), significativas taxas de salpico e um rápido selamento superficial.

Com o selamento superficial dos solos há uma redução significativa dos processos de infiltração d'água, aumentando, conseqüentemente, o escoamento superficial. Conforme GUERRA (1994) isso muda o sistema erosivo de elevada remoção/ baixo transporte, durante o processo de salpicamento, para baixa remoção/

elevado transporte, durante a fase de escoamento superficial.

A **Figura 3** evidencia um loteamento em implantação na bacia hidrográfica do Arroio Dorneles, próximo e de características morfológicas e pedológicas semelhantes à Vila Augusta, que apresentava erosão acelerada e deposição de sedimentos em via de transporte já pavimentada, resultante de escoamento superficial, redução da infiltração e aumento do escoamento superficial.

O escoamento superficial também é intensificado com a redução da permeabilidade do solo a partir de usos urbanos sobre o mesmo, quer pela compactação ou asfaltamento da superfície na abertura das vias de transporte públicas (arruamentos) ou pela forma

de uso dos lotes particulares.

Os arruamentos, mesmo que acompanhando curvas de nível, ou seja, “respeitando a topografia”, redirecionam fluxos hídricos e geram padrões de drenagens não existentes até sua instalação. As ruas se transformam em leitos pluviais durante eventos chuvosos, canalizando e direcionando fluxos hídricos para setores que anteriormente possuíam um sistema de drenagem diferente. Em geral, quando os arruamentos acompanham os declives das vertentes, dadas precárias condições infra-estruturais dos mesmos, observa-se à instalação de sulcos erosivos.



Figura 3 Sedimentos transportados por escoamento superficial sobre arruamento.
Fonte: METROPLAN, 2001

Considerando-se ainda os arruamentos, há os exemplos na Vila Augusta das parciais e precárias pavimentações das vias de transporte públicas, que intensificam processos denudacionais e agradacionais.

Durante os eventos chuvosos a água encontra uma superfície impermeabilizada (pavimentada) nos setores de alta vertente, a impermeabilização, associada à morfologia da via de transporte (convexa), resulta em um imediato escoamento superficial concentrado, tornando as laterais da via em leitos pluviais. Porém, no

contato com as seções não pavimentadas, setores de média e baixa vertente com solo desnudo, a partir da descontinuidade estrutural ao longo da via, uma significativa velocidade de escoamento d'água forma incisões na superfície ou ravinamentos, potencialmente erosivos (Fig. 4).

A Vila Augusta esta intensamente parcelada em pequenos lotes e em significativo número destes não se observam áreas verdes ou pátios. Nestes casos, os espaços intra-lote, além da residência, quando existem estão concretados e impermeabilizados.



Figura 4 (A) - Ravina sobre arruamento no setor de média e baixa vertente da colina; (B) - Arruamento precariamente pavimentado sobre setor de alta vertente da colina.

Fonte: REHBEIN, 2005

A impermeabilização modifica o fluxo da água tanto em superfície como em sub-superfície, pois não permite a infiltração e circulação d'água e do ar no solo. As canalizações de águas pluviais existentes nas moradias também alteram a direção do fluxo natural das águas das chuvas.

Em praticamente todo o padrão de relevo em formas de colinas, encontram-se superfícies planas criadas pela ocupação urbana através das moradias e do sistema viário. A maioria dessas superfícies planas pressupõe a retirada da vegetação original e o recobrimento dos materiais de cobertura superficial de formação natural, criando-se áreas de descontinuidades estruturais e texturais, além de superfícies altimetricamente modificadas.

As superfícies planas são limitadas, em muitos casos, por degraus de cortes, rupturas de declive e rampas de aterros. Numa lógica geométrica, nas colinas de topos planos os degraus de corte, as rupturas de declive e as rampas de aterros possuem dimensões pequenas quando comparadas as de topos convexos e demais unidades de vertentes.

As mudanças promovidas pelas atividades sócio-ambientais sobre a geometria do padrão de relevo em forma de colinas alteram sua morfodinâmica natural, sobretudo com relação ao padrão hídrico de escoamento. Em suma, conforme FUJIMOTO (2001), cortes, aterros e canalizações de águas, junto a moradias e ao sistema viário em ambientes urbanos, criam novos padrões de drenagens, os quais resultam da diminuição, de um lado, do escoamento superficial difuso, do escoamento sub-superficial e da infiltração e, por outro, da intensificação do escoamento superficial; o que se observa na Vila Augusta.

Transformações Morfodinâmicas do Padrão de Relevo em Formas de Planícies Fluviais

As planícies fluviais, constituídas essencialmente de sedimentos provenientes das vertentes colinosas, resultam dos entalhamentos fluviais sobre os granitóides da bacia hidrográfica do arroio Dorneles. As características geológicas, geomorfológicas e pedológicas, atreladas à distribuição da rede de drenagem da bacia hidrográfica e outros fenômenos, que garantem a variabilidade das vazões fluviais dos arroios, como eventos pluviométricos torrenciais, condicionam hidrológicamente à ocupação sazonal do leito maior dos canais fluviais pelas águas de escoamento, em seções que drenam atualmente áreas da Vila Augusta.

Antigas moradias da Vila, com mais de 30 anos de existência, anteriores ao surto da ocupação urbana na bacia hidrográfica do arroio Dorneles, eram construídas em patamares mais elevados sobre terrenos próximos às confluências fluviais, tendo em vista a ocorrência de periódicas enchentes.

Considerando-se as dinâmicas hidrológicas, sobre o padrão de relevo em planícies fluviais, registros históricos também identificaram áreas permanentemente alagadas, reconhecidas como antigos banhados, as quais funcionavam como áreas reguladoras do escoamento hídrico, sub-superficial e superficial. Os banhados, através do chamado "efeito esponja", em épocas de maior pluviometria aumentam o tempo de concentração do escoamento hídrico, amortecendo as cheias e, nas estiagens, ao dar vazão aos volumes d'água acumulados, regularizam as pequenas descargas em patamares mais elevados.

Entretanto, em meados do século passado, iniciam-se

processos de intervenções sócio-ambientais na bacia hidrográfica, os quais desencadeiam significativas alterações nas características e dinâmicas naturais físicas do ambiente.

A ocupação urbana da bacia hidrográfica do arroio Dorneles, marcada por abrupto aumento populacional, resultante de intenso fluxo migratório para a Região Metropolitana de Porto Alegre, acompanhado de expressivo crescimento do número de instalações públicas e privadas, em condições infra-estruturais e localizacionais precárias, sobretudo nas décadas de 1970/80, resultam em profundas transformações morfodinâmicas do relevo.

Assim como sobre o padrão de relevo em formas de colinas, no padrão de relevo em formas de planícies fluviais a eliminação da cobertura vegetal e o revolvimento do solo, durante o processo de loteamento, reduziram a estabilidade dos agregados do solo, expondo-o a ação direta dos agentes climáticos. Sucederam-se, sobre o solo, processos mais intensos de salpicamento, selamento e escoamento superficial durante eventos chuvosos.

O escoamento superficial também é intensificado com a impermeabilização da superfície, a partir do uso urbano do solo, quer pelo asfaltamento das vias de transporte públicas ou pela forma de uso dos lotes particulares, com a introdução de concreto junto aos pátios das residências.

Na planície fluvial, resultante do escoamento superficial adjacente, das baixas declividades e infiltrações da superfície, ocorrem áreas de acumulação d'água, sujeitas a alagamentos.

Visando amenizar os problemas dos alagamentos, observam-se, sobre toda planície fluvial, séries de iniciativas, individuais ou de gestão pública, que vão da implantação de aterros a mudanças na disposição da rede de drenagem nos loteamentos.

Os aterros alteram declividades e o nível altimétrico da superfície, em geral, elevando-a acima do nível natural das inundações e modificando fluxos hídricos através da construção de valas para drenagem de águas acumuladas. Em áreas da Vila Augusta, conforme mapeamentos dos usos e coberturas do solo em 1973 e 1991, no período em questão, observam-se áreas de banhados aterradas e a supressão de um canal fluvial, assim como, a abertura de lotes urbanos sobre os mesmos.

A mudança da disposição da rede de drenagem ocorre mediante supressão de cursos fluviais intermitentes, retificações (Fig. 5), usos de muro gabião parcial e dragagens periódicas sobre cursos fluviais perenes. As intervenções infra-estruturais, sobre os canais fluviais da área de estudo, resultam de convênios firmados entre órgãos públicos, a partir da necessidade de se conterem sucessivas inundações que atingem expressivo contingente populacional na área da Vila Augusta e grande área entorno.

As dragagens e o aprofundamento dos leitos fluviais, as retificações e a eliminação de meandros, o uso de muro gabião parcial e a introdução de matações nas margens dos cursos fluviais, objetivando-se conter solapamentos, promovem um aumento da velocidade d'água e amenizam momentaneamente os



Figura 5 Seções retificadas e periodicamente dragadas do arroio Dornelinhos.
Fonte: REHBEIN, 2005

problemas relativos às inundações, ainda que localmente, porém intensificam processos erosivos e favorecem o assoreamento dos canais fluviais em seções a jusantes às intervenções estruturais hidráulicas.

Os processos erosivos são mais intensos junto às margens

dos canais fluviais, localizadas a montante e a jusante, próximas às intervenções estruturais hidráulicas. O aumento na velocidade da água, sobretudo em dias de chuvas torrenciais, solapa as margens côncavas dos canais fluviais (Fig. 6), muitas das quais, intensamente ocupadas por domicílios em situação irregular.



Figura 6 Seção do arroio Domeles localizada entre obras de intervenções estruturais hidráulicas, com margem côncava em intenso processo de solapamento.

Fonte: REHBEIN, 2005

Conforme o Código Florestal Brasileiro, Lei 4771, em seu Artigo 2º, consideram-se áreas de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, áreas situadas ao longo de qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto em faixa marginal (IBD, 2005). A distância mínima a ser preservada, para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura, o caso dos cursos fluviais da bacia hidrográfica do

Com a redução da pluvimetria ocorre de forma imediata, em função da importância do escoamento superficial para este curso fluvial, uma significativa redução da vazão e velocidade da corrente d'água. A redução da vazão e velocidade da corrente d'água enseja uma redução na capacidade e competência do canal fluvial no transporte de material sedimentar, este, logo, deposita-se ao longo dos cursos d'água formando depósitos fluviais, sobretudo a jusante às obras de intervenções estruturais hidráulicas.

Os materiais que estruturam os depósitos fluviais compreendem, além de sedimentos finos, materiais grosseiros, associados aos processos fluviais de episódios chuvosos mais críticos com aporte de material das vertentes geralmente provenientes de atividades antrópicas, como cascalhos, pequenos seixos, tijolos, plásticos, papéis, vidros, etc. Esses depósitos fluviais são também reconhecidos como depósitos tecnogênicos (Fig. 7 e 8).

Os depósitos tecnogênicos, encontrados nos leitos e margens dos arroios da área de estudos, são também observados recobrendo áreas da planície fluvial. Essas áreas correspondem a superfícies planas próximas às confluências dos arroios na Vila Augusta, áreas comumente afetadas pelas inundações. Essas áreas da planície fluvial, cobertas por sedimentos argilosos, sílticos e arenosos, a partir da deposição de material tecnogênico sofrem elevações em

seus níveis topográficos. Dessa forma, a formação do relevo nesse compartimento ocorre nos períodos de inundação, quando são

depositados novos materiais transportados das vertentes associados aos processos fluviais.



Figura 7 Depósito fluvial (tecnogênico) no leito do arroio Domelinhos
Fonte: REHBEIN, 2005



Figura 8 Depósito fluvial (tecnogênico) junto à margem convexa do arroio Domeles
Fonte: PROFIL e METROPLAN, 2002

Conclusões

As análises das transformações morfodinâmicas na área da Vila Augusta requerem a compreensão de processos geomorfológicos que extrapolam seus limites político-administrativos. Faz-se necessário à inserção, desta unidade territorial, que responde

pela área de estudo, no bojo das relações físicas e sociais que permeiam espaços supra-locais ao decorrer do tempo, seja ele geológico ou histórico. A unidade espacial, delimitada por variáveis explicitamente físicas, representada pela bacia hidrográfica do arroio

Dorneles, sobressai-se como interlocutora dessa pesquisa.

Considerando-se a bacia hidrográfica, a Vila Augusta insere-se numa área de importantes confluências fluviais da rede de drenagem. As características geológicas, geomorfológicas e pedológicas da bacia hidrográfica, atreladas à distribuição da rede de drenagem e outros fenômenos, que garantem a variabilidade das vazões fluviais dos arroios, como eventos pluviométricos torrenciais, condicionam hidrologicamente a ocupação sazonal do leito maior dos canais fluviais pelas águas de escoamento em áreas onde estão instalados os loteamentos que estruturam a Vila Augusta.

Em meados do século passado, iniciam-se processos de intervenções sócio-ambientais na bacia hidrográfica, os quais desencadeiam significativas alterações nas características e dinâmicas naturais deste ambiente. A partir do momento em que a vertente começa a ser ocupada, processo iniciado com a retirada da cobertura vegetal e o desnudamento do solo aos condicionantes climáticos, as morfodinâmicas se alteram, sobretudo, através de efeitos pluvio-erosivos mais intensos. Há gênese do aumento do fluxo por terra e conseqüente redução da infiltração.

As superfícies desprovidas de cobertura vegetal e pavimentação contribuem com uma carga elevada de material (depósito de cobertura), que tende a se acumular ao longo dos cursos d'água, sobretudo em seções fluviais de baixo gradiente, gerando assoreamentos.

Por outro lado, a impermeabilização da superfície, através das coberturas antrópicas (edificações, compactações ou pavimentações de pátios, ruas, etc.), dificultam, ou até mesmo impedem, o

abastecimento do lençol freático. Assim sendo, tem-se a descarga fluvial controlada eminentemente pelo escoamento de superfície e por redes tubulares pluviais e cloacais, em geral interligadas, que pelas características do escoamento favorecem inundações, gerando danos materiais, riscos à saúde e vida da população ribeirinha, discriminada socialmente.

Verifica-se, portanto, uma alteração do sistema hidrológico da vertente e conseqüentemente do curso d'água. Com a intensa alteração dos processos morfodinâmicos, marcados pelo acréscimo dos fluxos superficiais, há um colapso na funcionalidade dos canais fluviais, com os solapamentos de margens, assoreamentos e transbordamentos dos mesmos.

Em suma, as modificações sobre o relevo, a partir das intervenções sócio-ambientais, as quais se encontram na Vila Augusta e em sua bacia hidrográfica de inserção em estágios significativamente adiantados, alteram as dinâmicas naturais e inserem outros ritmos ao ambiente, sobretudo, com relação aos processos de erosão e deposição, intensificando-os.

Resulta, da intensificação desses processos na bacia hidrográfica, o assoreamento dos canais fluviais que drenam a Vila Augusta. O assoreamento é resultado da deposição de material tecnogênico sobre o leito fluvial, reduzindo a profundidade dos canais, quando do abrandamento da capacidade e competência do fluxo hídrico. A redução da profundidade dos canais fluviais, assim como sua obstrução, pois são comuns entulhos nas drenagens da área, seguidos de outros eventos pluviométricos de proporções significativas, promovem, então, novos transbordamentos d'águas (Fig. 9).



Figura 9 Evidências da variação da lâmina d'água do arroio Domeles, junto a domicílio, resultantes de inundações
Fonte: REHBEIN, 2005

O progressivo assoreamento das drenagens, atrelado às transformações do regime hídrico das mesmas, garantem uma maior periodicidade e abrangência das inundações na Vila Augusta. O caráter emergencial desta situação, pois centenas de domicílios são atingidos pelas inundações na Vila, exige intervenções infra-estruturais hidráulicas junto aos cursos fluviais, na tentativa de *regularizar* suas vazões.

Todavia, as tentativas de *regularização* de tais cursos fluviais, através de dragagens periódicas, retificações, canalizações ou obras de contenção dos taludes dos arroios,

não solucionam o problema em questão. Tenta-se resolver tais problemas, acreditando-se que são exclusivamente lineares, nos próprios arroios, quando na realidade são acima de tudo areolares ou reflexos do que acontece nas vertentes.

As discussões, propostas neste trabalho, fomentam a necessidade de políticas de planejamento respaldadas em medidas preventivas, que vão além da ação iminente. Impõe-se, portanto, a busca das gêneses e dinâmicas ambientais, discutidas nesta pesquisa a partir das análises das transformações morfodinâmicas.

REHBEIN, M. O.; FUJIMOTO, N. S. V. M. (2010) Analysis of the morphodynamics transformations in urban area: the Vila Augusta's case; Porto Alegre's Metropolitan Region/ RS. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 20, p. 77 - 91.

Abstract: Vila Augusta, located on the periphery of Porto Alegre's Metropolitan Region/ RS, is frequently affected by floods. To explain the floods phenomenon and create reflections about the effectiveness of the preventive measures adopted in the Vila Augusta, activities were developed between field and office: bibliographic research, cartographic production, inspections and interviews on area of studies that, especially based on Ross (1992) and FUJIMOTO (2001), aim the analysis of the morphodynamics transformations, from human interventions on the similar forms of the relief in the watershed where the Vila is inserted. The socio-environmental interventions in the Vila and its watershed change natural dynamics and promote new rhythms to the environment, particularly regarding the erosion and deposition processes, while intensifying them. The attempts to solve the flooding are focused in infrastructure interventions along the fluvial channels that drain the Vila. However, the floods are phenomenon resulting from morphodynamics transformations on the watershed.

Key-words: Morphogenesis; Morphodynamics transformation; Floods; Case study.

Recebido em 04 de janeiro de 2007, aceito em 13 de março de 2009.

Referências

- ARGENTO, M. S. F. (1995) Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 365-392.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1995) A geografia física no estudo das mudanças ambientais. In: BECKER, B. K. (Org.). *Geografia e Meio Ambiente no Brasil*. São Paulo – Rio de Janeiro: HUCITEC. p. 334-345.
- FORESTI, C. (1986) *Avaliação e monitoramento ambiental da expansão urbana do setor oeste da área metropolitana de São Paulo; Análise através de dados e técnicas do Sensoriamento Remoto*. 173 p. (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; WERNICK, E. & SOLIANI Jr., E. (1982) Evolução Geotectônica do Cinturão Dom Feliciano – Uma Contribuição através da Aplicação do Modelo de Tectônica de Placas. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1982, Salvador. *Anais...* Salvador. Vol.1. p.13-23.
- FUJIMOTO, N. S. V. M. (2001) *Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre/RS: sub-bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio*. 236p. (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia. Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas/USP. São Paulo.
- GUERRA, A. J. T. (1994) Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 23-50.
- IBD - INSTITUTO BIODINÂMICO. Legislação: Código Florestal Brasileiro. LEI N° 4771. Disponível em: <<http://www.ibd.com.br/legislacao/codigoflorestal.htm>> Acesso em 15 abr. 2005.
- JUNGBLUT, M. (1994) *Pedologia da Bacia do Rio Gravataí – RS*. Porto Alegre: CPRM/ METROPLAN. 29 p.
- MARQUES, J. S. (1995) Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 23-50.
- MENEGAT, R.; FERNANDES, L. A.D.; KOESTER, E. & SCHERER, C. M. S. (1998) Porto Alegre antes do homem: evolução geológica. In: *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Editora da Universidade. p. 11 – 14.
- METROPLAN, Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional. (2001) Programa Integrado de Áreas Degradadas: Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Feijó. Porto Alegre, 93p. (Documento Interno).
- OLIVEIRA, L. D. (2001) *Geologia, geoquímica e geocronologia dos granitóides pós-tectônicos à zona de cisalhamento transcorrente de Porto Alegre, extremo nordeste do escudo sul-riograndense*. 134 p. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- PROFILL, Engenharia e Ambiente & METROPLAN, Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional (2002). Programa Integrado da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Feijó. Porto Alegre.
- REHBEIN, M. O. (2005) *Análise Ambiental Urbana: Vila Augusta/*

Viamão/ RS. 173 p. Dissertação (Mestrado em Geografia)
Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade
Federal do Rio Grande do Sul/ UFRGS. Porto Alegre.

- REICHERT, J. M., CABEDA, M. S. V. (1992) Salpico de Partículas e Selamento Superficial em Solos do Rio Grande do Sul. In: *Revista Brasileira de Solos*. Campinas. p. 389-396.
- ROSS, J. L. S. (1992) O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 6, FFLCH/USP, São Paulo. p. 17-29.
- ROSS, J. L. S. (1994) Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 8, FFLCH/USP, São Paulo. p. 63-74.
- TRAININI, D. R.; KREBS, A. S. J. & ORLANDI, V. (1994) *Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí – RS*. Porto Alegre: CPRM/ METROPLAN. 24p.

